

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96129455

※ 申請日期：2007 年 8 月 9 日

※IPC 分類：

H01L 21/324 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於高功率雷射二極體退火系統的快軸光束波形塑形

FAST AXIS BEAM PROFILE SHAPING FOR HIGH POWER LASER

DIODE BASED ANNEALING SYSTEM

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·應用材料股份有限公司

APPLIED MATERIALS, INC.

代表人：(中文/英文)

鄺錦安

KWONG, RAYMOND K.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道 3050 號

3050 Bowers Avenue, Santa Clara, CA 95054, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國/USA

三、發明人：(共 6 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 傑寧斯狄恩/JENNINGS, DEAN

2. 梅爾艾伯希拉許 J./MAYUR, ABHILASH J.

3. 湯瑪士提摩西 N./THOMAS, TIMOTHY N.

4. 巴瑞哈爾維傑/PARIHAR, VIJAY

5.亞秋沙拉門芬達布朗 S/ACHUTHARAMAN, VEDAPURAM S.

6.薩庫瑞希爾.P.S./THAKUR, RANDHIR P.S.

國 籍：(中文/英文)

1.美國/USA

2.美國/USA

3.美國/USA

4.印度/INDIA

5. 印度/INDIA

6.美國/USA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；2006 年 8 月 23 日；11/508,376

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

5.亞秋沙拉門芬達布朗 S/ACHUTHARAMAN, VEDAPURAM S.

6.薩庫瑞希爾.P.S./THAKUR, RANDHIR P.S.

國 籍：(中文/英文)

1.美國/USA

2.美國/USA

3.美國/USA

4.印度/INDIA

5. 印度/INDIA

6.美國/USA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國；2006 年 8 月 23 日；11/508,376

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明大體上是關於熱處理半導體基材。特別是，本發明是關於雷射熱處理半導體基材。

【先前技術】

製造矽和其他半導體積體電路於矽晶圓或諸如顯示器用之玻璃面板等其他基材時，需進行熱處理。所需之溫度範圍可從低於 250°C 到高於 1400°C ，且可用於各種製程，例如摻質佈植退火、結晶、氧化、氮化、矽化、和化學氣相沉積等。

就先進積體電路中很淺的電路特徵結構而言，極期降低達成熱處理所需的總熱預算(thermal budget)。熱預算可視為高溫下完成裝置製造所需的總體時間。晶圓處於最高溫度的時間可能很短。晶圓處於高溫的時間越長，越多的特徵結構(如佈植接面)會擴散及釋放其定界。例如，佈植接面深度可能因擴散而變得比預期還深。

快速熱處理(RTP)使用可快速開關的輻射燈單獨加熱晶圓且不加熱腔室其餘部分。採用相當短(約 20ns (十億分之一秒))之雷射脈衝的脈衝式雷射退火實際上只加熱表層而不加熱下面晶圓，因此容許短暫升溫與降溫速率。

近來發展且有時稱作熱熔(thermal flux)雷射退火或動態表面退火(dynamic surface annealing; DSA)的各類方法描述於美國專利證書號 7,005,601 與 6,987,240，其內文一

併引用於此供作參考。DSA 系統採用許多個連續波(CW)二極體雷射，其聚焦成極窄的光束線 (line beam) (0.07 毫米)而形成高強度光束，並以細長輻射線或光束線形式照射晶圓。光束線接著以垂直光束線長邊的方向掃過晶圓表面。

細的光束線(如 0.07 毫米)確保升溫與降溫的時間相當短及確保停留在所需溫度(如 1300℃)的時間很短，其與晶圓表面上經光束線掃過之固定位置有關。例如，若掃描速率為約 50-300 毫米/秒，則晶圓表面上固定位置的溫度將在 0.6 毫秒(ms)內從 450℃升高到 1300℃。如此好處在於，晶圓表面處於較低或中等溫度的時間極為短暫，此狀態下的矽導熱性較高，因而促進加熱整個晶圓，導致擴散及喪失下面的電路特徵結構定界。反之，晶圓表面處於預定高溫(如 1300℃)的時間較長，此狀態下的矽導熱性最低，故可減少加熱下面特徵結構，並且此時可達到最大的預定作用(例如，退火處理佈植摻質、退火處理佈植前之無定形損害等)。細的光束線對應雷射光束光學系統的最小解析點尺寸 R ，其可以下列公式表示：

$$R = \lambda / 2 \text{ NA},$$

其中 λ 為雷射波長，NA 為光學儀器的數值孔徑 (Numerical Aperture)。數值孔徑定義為：

$$\text{NA} = n \times \sin(\theta/2),$$

其中 n 為折射率， θ 為簡易或理想系統中透鏡孔徑與焦點間光束弦對的角度。在上述 DSA 系統中，波長為 810 奈米

(nm)，角度 θ 小於 60 度，且 n 為空氣的折射率(約為 1)。

這些參數提供了對應細光束線(0.07 毫米)之小寬度的最小解析點尺寸 R 。在較佳的光束掃描範圍內(50-300 毫米/秒)，各固定的晶圓表面位置處於最高溫度左右(如 1300°C)的時間短於 0.5 毫秒。

達成晶圓表面最高溫度(1300°C)需要約 220 仟瓦/平方公分(kW/cm^2)的功率密度。為達到此等級，DSA 系統使用多個 810 奈米的 CW 二極體雷射，其同說明書所述之雷射般聚焦在同一光束線影像上。

近來面臨的問題之一為，相較於目前短於 0.5 毫秒的停留時間，某些退火製程需停留在最高溫度或最高溫度左右(1300°C)更久的時間。此停留時間足以使離子佈植的摻質取代半導體晶格；但不足以完全固化離子佈植前的無定形缺陷。離子佈植前的無定形化製程是在摻質之離子佈植以形成淺 PN 接面之前進行，以避免動力摻質離子穿隧(channeling)通過預定接面深度下的晶格。無定形化製程藉由較重的原子物種離子轟擊晶圓而防止上述之穿隧現象，轟擊損害造成至少部分的主動半導體層從結晶態轉化成無定形態。倘若各晶圓表面位置處於 1300°C 左右的時間夠久，則結晶中的缺陷會被固化。此時停留時間需比目前的 0.5 毫秒長。再者，無定形區域轉化回結晶態實質上會形成磊晶層於晶體層上，因而產生其他類型的缺陷，即晶體與再結晶表面之界面的邊界缺陷。此種邊界缺陷已發現比其他種缺陷更持久，且需要更長的停留時間來完全固化或

移除，如停留在 1300°C 左右 2 至 3 毫秒。

為了提供如此長的停留時間，必須加大光束點尺寸，其實質上沿著掃描方向（以下稱為“快軸”）擴大光束強度的高斯波形 (Gaussian profile)。然當高斯光束波形以一特定因子放寬時，高斯光束波形前緣 (leading edge) 的斜率亦近乎以同樣的因子減小。如此將增加升溫 (及降溫) 時間，使得晶圓表面的每一位置處於較低或中等溫度的時間更長，以致例如因熱擴散而降低裝置結構的品質。故沿著快軸放寬光束波形似乎不可行。因此需要可退火處理離子佈植晶圓中之邊界缺陷和其他缺陷、且不會因熱擴散而降低裝置品質的 DSA 製程。

【發明內容】

一種用於退火處理半導體工作部件的動態表面退火設備包括：用於支撐工作部件的工作部件支撐件、光源、和沿著快軸相對掃描光源與工作部件支撐件的掃描設備。光源包括雷射發射器陣列，其大致排成發射器之接續行列，且行列橫切於快軸。多個準直透鏡各自位在發射器行列上方，且具有沿著快軸的準直方向。光源更包括與所選發射器行列相關的快軸偏光元件，並具有一或一連串的偏光角度，其對應於針對各發射器行列沿著快軸之光束偏離角度。光學儀器使雷射發射器陣列的光線聚焦至工作部件的表面，以形成橫切快軸的連續光束線，而該些光束線係依偏光角度而沿著快軸相隔開。

【實施方式】

引言：

處於高溫(1300°C)超過 0.5 毫秒之離子佈植晶圓中的缺陷可藉著提供非常長的停留時間(如 2-3 毫秒)加以退火或固化，且不需放棄沿著快軸急遽升降的高斯型光束線邊緣。如此，佈植前之無定形化製程和佈植後之退火製程造成的邊界缺陷可完全移除，且不會引起不當的熱擴散。達成方法為使第一組雷射聚焦至第一光束線影像上，以及使第二組雷射聚焦至第二光束線影像上，第二光束線影像之最大振幅(amplitude peak)沿著快軸方向(即垂直光束線長度)與第一光束線影像的最大振幅錯開。此位移較佳為光束線之高斯波形沿著快軸且在對應光束線其一之最大振幅一半高度下的寬度(半高寬)。二光束線具有同樣高度聚焦的影像和前述約 0.07 毫米的最小解析點尺寸。兩組雷射之光學路徑間的弦對角度小於 1 度，藉以達成如此小的位移，且角度視雷射與晶圓表面的間距而定。

最終結果為與單一光束線一樣具有沿著快軸急遽升降的光束前緣與後緣(trailing edge)，但處於最高溫度或左右的停留時間為單一光束線的兩倍。雷射光束線之一為領導光束，另一則為尾隨光束。領導光束需在 0.5 毫秒內使晶圓表面溫度從約 400°C 升高到 1300°C ，故需具有較大的功率密度；而尾隨光束只需維持晶圓表面的高溫(不需提高溫度)，故具有較小的功率密度。

調整施加至二組雷射的電流可改變晶圓表面各固定位置溫度隨時間變化的曲線。提供更多組分別聚焦至對應光束線(如四個光束線)的雷射，及程式化施加至四組雷射的電流大小可進一步進行微調。

DSA 設備：

上述提及之專利申請案的一 DSA 設備實施例繪於第 1 圖的立體示意圖。二維掃描用的起重架結構 10 包括一對固定的平行欄杆 12、14。二平行起重架橫杆 16、18 係相隔一定距離而固定在一起，且支托在固定欄杆 12、14 上，並受控於未繪示的馬達和驅動構件，以一起於滾軸或滾珠軸承上沿著固定欄杆 12、14 滑動。光源 20 係可滑動地支托在起重架橫杆 16、18 上，還可懸掛在受控於未繪示之馬達與驅動構件的橫杆 16、18 下面，以沿著橫杆 16、18 滑動。矽晶圓 22 或其他基材係固定支托在起重架結構 10 下方。光源 20 包括雷射光源和(後述的)光學儀器，用以產生二相近且朝下發射的扇形光束 24、25，其分別照射晶圓 22 以做為領導與尾隨光束線 26、27，且大致平行於固定欄杆 12、14 而延伸，其方便起見稱為「慢方向」。如後方所述，第二光束線 27 平行於第一光束線 26 且二者相隔的距離係對應於光學系統的最小解析點尺寸。達成方法將描述於以下說明書中。

雖然在此並未繪示，但起重架結構更可包括 Z 軸臺座，以沿著大致平行於扇形光束 24 的方向移動雷射光源和

光學儀器，進而可控地改變光源 20 與晶圓 22 的間距及因而控制光束線 26 聚焦至晶圓 22 上。光束線 26 的長度例如為 1 公分、寬度例如為 66 微米，且功率密度例如為 $220\text{kW}/\text{cm}^2$ 。或者，光源和相關光學儀器可為固定式，而晶圓為支撐在對其進行二維掃描的臺座上。

一般操作時，起重架橫杆 16、18 沿著固定欄杆 12、14 而設在特定位置，且光源 20 沿著起重架橫杆 16、18 等速移動以掃描垂直其長邊的光束線 26、27，此掃描方向方便起見稱為「快方向」。藉此，二光束線 26、27 從晶圓 22 的一側掃描到另一側，並照射晶圓 22 上 1 公分寬的長條區域。光束線 26、27 夠窄，且在快方向的掃描速度夠快，使得光束線 26、27 的輻射光僅短暫曝照晶圓特定區域，但光束線的最大強度仍足以加熱表面區域來改變高溫。然，未有效加熱的晶圓 22 深處將進一步當作散熱器而快速冷卻表面區域。一旦完成快速掃描，起重架橫杆 16、18 沿著固定欄杆 12、14 移動到新的位置，如此光束線 26 沿著其沿著慢軸延伸之長邊方向移動。接著進行快速掃描以照射晶圓 22 上鄰近的長條區域。反覆交替進行快速和緩慢掃描，也許是以光源 20 蛇形路徑，直到熱處理完整個晶圓 22 為止。

光源 20 包括雷射陣列，用以得到所需的高光學功率密度 ($220\text{kW}/\text{cm}^2$)。下述光學系統使雷射陣列光束聚焦成二相近且平行的光束線，每一光束線寬 66 微米。一適合的光學系統繪示於第 2 及 3 圖，其中光學系統 30 的二雷射條堆 (bar

stack)32 產生約 810 奈米的雷射光；第 4 圖為一雷射條堆 32 的末端平面視圖。每一雷射條堆 32 包括 14 個平行的條狀物 34，其大致對應砷化鎵 (GaAs) 半導體結構的垂直 p-n 接面、側向延伸約 1 公分且相隔約 0.9 毫米。水冷卻層一般置於條狀物 34 之間。各條狀物 34 具有 49 個發射器 36，其分別構成獨立的 GaAs 雷射發射光束且該些光束在直角方向的發散角度不同。條狀物 34 的長邊設置延伸越過多個發射器 36 且沿著慢軸排成一行，其短邊則對應小於 1 微米的 p-n 空乏層且空乏層沿著快軸排列。快軸方向上的小光源尺寸容許有效沿著快軸對準排直。快軸方向的發散角度大，而慢軸方向的發散角度較小。

回溯第 2 及 3 圖，獨立的半圓柱透鏡 (lenslet)40 設置在獨立的雷射條狀物 34 上方，以沿著快軸準直雷射光成細窄光束。透鏡 40 可由黏膠黏接到雷射條堆 32 上，並對準條狀物 34 而延伸越過發射區域 (發射器 36)。如同以下說明書所述，部分雷射條狀物 34 與其透鏡 40 為覆蓋上稜鏡 44，其偏折光線 1 度以下而形成第 1 圖的第二 (尾隨) 光束線 27。稜鏡 44 的角度和二光束線 26、27 間的位移量相對第 1-4 圖的比例而言為無窮小，因此已大幅放大其在圖中的尺寸使圖式稍微可見。

光源 20 更可包括傳統光學元件。傳統光學元件可包括交錯器和偏振多工器，然其僅為舉例說明而已，熟諳此技藝者當可選用其他光學元件。在第 2 及 3 圖的實施例中，來自二雷射條堆 32 的兩組光束乃輸入交錯器 42，其具有

多個分束器型結構且二對角界面上有特殊塗層(例如反射平行波帶)，用以選擇性反射及穿透光線。此類交錯器可購自 Research Electro Optics(REO)。在交錯器 42 中，圖案化的金屬反射波帶形成在雷射條堆 32 提供之各組光束用的斜面，使來自條堆 32 一側之條狀物 34 的光束交替反射或穿透，而與來自條堆 32 另一側之條狀物 34 的光束交錯，其亦對應經歷選擇性穿透/反射，進而填補來自獨立發射器 36 的間隔輻射波形。

第一組交錯光束通過二分之一波片 48，以相對第二組交錯光束旋轉其偏振。二組交錯光束皆輸入具雙偏振分束器結構的偏振多工器(PMUX)52。此類 PMUX 可購自 CVI Laser Inc.。斜向的第一與第二界面層 54、56 使兩組交錯光束沿著其正面共軸反射。第一界面層 54 通常做為當作硬式反射器(HR)的介電干涉濾波器，第二界面層 56 則做為當作雷射波長之偏振分束器(PBS)的介電干涉濾波器。如此，第一界面層 54 反射的第一組交錯光束照射第二界面層 56 的背面。因二分之一波片 48 造成旋轉偏振之故，第一組交錯光束將通過第二界面層 56。PMUX 52 輸出的來源光束 58 強度為任一組交錯光束強度的兩倍。

儘管繪示於不同的圖式，然交錯器 42、二分之一波片 48、和 PMUX 52 與其界面層 54、56、及可裝設在輸入面與輸出面的附加濾波器，一般可由諸如紫外光(UV)可固化環氧化物的塑膠封裝件結合在一起，以構成剛硬的光學系統。透鏡 40 與雷射條堆 32 之間有塑膠接點，其並對準條

狀物 34。來源光束 58 通過一組圓柱透鏡 62、64、66，使來源光束 58 沿著慢軸聚焦。

一維光管 70 均質化沿著慢軸的來源光束。圓柱透鏡 62、64、66 聚焦的來源光束以有限會聚角沿著慢軸進入光管 70 且實質上平行快軸。光管 70 更清楚繪示於第 5 圖的立體視圖，其做為光束均質器，用以減少條堆 32 之多個發射器 36 沿著慢軸引入的光束結構在慢軸上分離。光管 70 可做為矩形的光學玻璃板 72，具有夠大的折射率來形成內部全反射。其短邊為沿著慢軸，長邊為沿著快軸。玻璃板 72 沿著來源光束 58 的光軸 74 延伸一實質距離，來源光束 58 則沿著慢軸會聚到輸入面 76。來源光束 58 在玻璃板 72 的頂面與底面間反射數次，故當其離開輸出面 78 時，可移除許多沿著慢軸的結構及均質化沿著慢軸的光束。然來源光束 58 已充分沿著快軸準直(利用圓柱透鏡 40)，而玻璃板 72 為夠寬，因此來源光束 58 不會在玻璃板 72 的側邊間反射，而是保持在沿著快軸的準直方向。

光管 70 可沿著其軸向逐漸變細，以控制進入與離開孔徑、和光束會聚與發散。一維光管或可做為二平行反射面，其大致對應來源光束通過之玻璃板 72 的頂面與底面。

光管 70 輸出的來源光束大體上是均勻的。

如第 6 圖進一步繪示，歪像透鏡組或光學儀器 80、82 放大慢軸輸出光束，且包括大致為球面的透鏡，以投射預定光束線 26 至晶圓 22 上。歪像光學儀器 80、82 將二維光束線塑形成限定長度的細窄光束線。在快軸方向上，輸出

光學儀器在光管輸出來源端具有無限共軛系 (infinite conjugate) (但系統也可設計成有限來源共軛系)，且在晶圓 22 的像面端具有有限共軛系；而在慢軸方向上，輸出光學儀器在光管 70 輸出來源端具有有限共軛系，且在像面端具有有限共軛系。另外在慢軸方向上，光管 70 係使雷射條狀物之多個雷射二極體所發射的不均勻光線均質化。光管 70 的均質化能力與光線行經光管 70 的反射次數息息相關。次數取決於光管 70 的長度、變細方向(若有)、進入與離開孔徑大小、和射入光管 70 的角度。歪像光學儀器更使來源光束聚焦成預定尺寸的光束線並投射到晶圓 22 的表面。

用以控制停留時間和溫度波形的可程式光束波形：

參照第 6 及 8 圖，一組雷射條狀物 34(如間隔條狀物 34)照穿對應的圓柱透鏡 40 而抵光學儀器(交錯器 42、偏振多工器 52)等。其餘的雷射條狀物 34 照穿對應的圓柱透鏡 40 和分別位於透鏡 40 上的獨立稜鏡 44。每一稜鏡 44 以平行於快軸的中心軸為軸心旋轉而偏折光束 1 度以下(角度 A)，藉以產生垂直快軸的偏光光束。光束未經偏折的第一組雷射條狀物 34 產生領導光束 24。光束經各稜鏡 44 偏折的第二組雷射條狀物 34 產生尾隨光束 25。第 7 圖的透視圖顯示構成二平行發射器 36 行列的二雷射條狀物 34，二者均覆蓋上圓柱透鏡 40，且透鏡 40 之一覆蓋上稜鏡 44。第 8 圖繪示控制電流供應器 102、104 的波形控制

器 100 如何各自獨立控制領導光束 24 與尾隨光束 25 的功率密度，電流供應器 102、104 驅動間隔雷射條狀物 34 的發射器 36。第一電流供應器 102 為前面光束電流供應器，因其耦接至未被任一稜鏡 44 覆蓋的雷射條狀物。第二電流供應器 104 為尾隨光束電流供應器，因其耦接至被稜鏡 44 覆蓋的雷射條狀物。每一稜鏡 44 偏折對應的雷射光束而形成尾隨光束 25。領導光束 24 與尾隨光束 25 成像在晶圓 22 上的二光束線 26、27(第 1 圖)之相隔距離取決於稜鏡 44 的偏光角度。"前面"和"尾隨"等措辭亦適用光束以特定方向掃過晶圓的實施例。若掃描方向為反向，則稜鏡 44 偏折的光束會形成領導或"前面"光束線 26，而未經偏折的光束會形成尾隨光束線 27。本發明任一模式皆可施行，故第 6 圖實施例中諸如"前面"和"尾隨"等措辭可互換。

操作時，尾隨光束線 27 的功率密度可能明顯小於前面光束線 26 的功率密度。這是因為前面光束線 26 必須具有足夠的功率密度以從較低溫度範圍快速提高晶圓表面溫度達最高溫度，而較低溫度範圍處的晶圓導熱性較高，以致較難加熱表面。尾隨光束線只需維持此溫度，故只需較小的功率密度來防止晶圓表面溫度升溫超過預定的最高溫度(1300℃)。因此如第 9 圖所示，尾隨光束線之快軸波形的最大功率密度明顯小於領導光束線。二光束線的最大功率密度差由第 8 圖的波形控制器 100 設定。

第 10 圖繪示之實施例提供數個(即 4 個)連續的尾隨光束，其功率密度可各自獨立調整。在第 10 圖中，雷射條狀

物 34 分成四組。一組雷射條狀物 34-0 產生未經偏折的雷射光而形成前面光束。另一組雷射條狀物 34-1 產生經稜鏡 44-1 偏折一小角度 A_1 的照光而形成第一尾隨光束。又一組雷射條狀物 34-2 產生經稜鏡 44-2 偏折角度 A_2 的照光，且角度 A_2 大於角度 A_1 。再一組雷射條狀物 34-3 產生經稜鏡 44-3 偏折角度 A_3 的照光，且角度 A_3 大於角度 A_2 。4 個光束線 26-1、26-2、26-3、26-4(第 11A 圖)由光學儀器(第 2-6 圖的交錯器 42、偏振多工器 52 等)聚焦至晶圓表面上。在 4 個光束線 26-1、26-2、26-3、26-4 具有相同功率密度的特例中，如第 11A 圖所示，其沿著快軸的功率密度波形具有相同的高斯形狀，但彼此沿著快軸錯開同樣的峰至峰(peak-to-peak)位移。此位移取決於稜鏡 44-1、44-2、44-3 相繼造成的偏光角度 A_1 、 A_2 、 A_3 。較佳地，角度 A_1 、 A_2 、 A_3 為選擇使相鄰光束線的峰至峰位移至少約等於(若非恰等於)單一光束線(例如前面光束的光束線)的光束半高寬(如第 9 圖所示)。同樣地如同前述，此位移可對應光束的最小解析點尺寸。偏光角度皆小於 1 度，且實際上無法從第 10 圖察覺。為清楚繪示，第 10 圖的角度已經過放大。

不同組雷射條狀物 34-0、34-1、34-2、34-3 產生的功率密度大小可由雷射功率控制器 110 各自獨立調整，其個別提供供應電流 I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 至各雷射條狀物 34-0、34-1、34-2、34-3。故雷射功率控制器 110 控制雷射陣列產生的快軸功率密度波形。儘管其功率密度可相同(對應第 11A 圖的功率密度波形)，但根據第 11B 圖、第 11C 圖或第 11D

圖的各種功率密度波形，尾隨光束線的功率密度最好小於領導光束線。控制器 110 可調整連續的光束線供應電流 I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 ，以產生如第 11B 圖之功率密度依次降低的梯狀波形、或如第 11C 圖之單梯波形、或如第 11D 圖之緩梯波形。在另一實施例中，如第 11E 圖所示，振幅波形在前面或領導光束線後可能下降，接著從第三光束線到最後光束線係為上升。雖然圖式未繪示，但波形更可改變成上升梯狀波形來代替第 11B-11D 圖的下降梯狀波形。

第 12A 圖為連續光束線的較佳功率密度波形圖。第 12A 圖繪示晶圓表面上特定位置之功率密度隨時間變化的情形。(若第 12A 圖轉換成繪示功率密度於固定時間點沿著快軸的分布情形，則視選擇單位而定，圖形將保持不變。) 領導光束線 26-1 具有最高的最大功率密度，而相繼的尾隨光束線 26-2、26-3、26-4 的最大功率密度較小，其各自皆同。第 12A 圖中強大的領導光束線 26-1 有足夠的功率密度來克服矽的高導熱性，故可快速加熱晶圓表面位置達 1300°C 。接著的尾隨光束線 26-2、26-3、26-4 具有較小的功率密度，但足以維持該晶圓位置為 1300°C 且不超過 1300°C 。第 12B 圖繪示同一晶圓表面位置之溫度因第 12A 圖之光束波形而隨時間改變的情形。溫度偕同前面光束的前緣從 400°C 快速上升到 1300°C 。接著該位置保持在約 1300°C 下 3 毫秒，且溫度對應相繼光束的高峰些微波盪。約 3 毫秒後，溫度偕同最後一道光束線的後緣快速下降至 400°C 。

第 12B 圖指出離子佈植後之 DSA 退火製程使用第 12A

圖之光束波形時雷射光的接連影響。在初始時距(T1)期間，佈植前之無定形化製程對半導體材料造成的轟擊損害經退火處理而將半導體材料從部分無定形態轉化成結晶態。在時距(T2)期間，佈植摻質取代半導體晶格。在時距(T3)期間，將形成於晶體與再結晶區之界面的邊界缺陷固化。第 13 圖繪示此類邊界缺陷的位置。邊界缺陷的成因為當無定形半導體表層再結晶形成磊晶層於晶體上。二結晶區在其邊界可能未完全對準，導致失準缺陷形成。此缺陷可能需要以 1300°C 處理 3 毫秒(即第 12A 圖中多個光束線的總體時間)來完全退火或固化。

第 14 圖繪示用以形成極淺 PN 接面(例如佈植於矽晶圓表面的源極/汲極延伸區)的離子佈植製程。待形成之結構繪示於第 13 圖，其中離子佈植之源極/汲極延伸區 210、215 係佈植在深源極/汲極接觸區 200、205 與半導體通道區 220 之間，通道區 220 位於閘極 225 下方，且藉由薄閘介電層 230 而與閘極 225 隔開。在第 14 圖製程的第一步驟中(方塊 250)，利用重離子(如氧、氮、碳、鋳)轟擊晶圓來打斷結晶鍵結，使自晶圓頂面 235 延伸到橫虛線 240 的表面區域從完全結晶態轉化成至少部分無定形態。離子轟擊的能量大小為使晶圓中的離子向下延伸佈及虛線 240，且實際上止於虛線 240。無定形化步驟是為了避免待下一步驟佈植之摻質離子的穿隧作用。穿隧作用可能發生在矽晶圓的規則結晶結構，因此將足夠深(對應第 13 圖的虛線 240)的結晶結構轉化成無定形結構可防止通道作用。

下一步驟(第 14 圖的方塊 255)為佈植摻質以例如形成源極/汲極延伸區 210、215。摻質可為砷(As)、磷(P)、硼(B)、或其他物質。此步驟可包括進行遮罩步驟，用以遮蔽此步驟不欲佈植的晶圓區域。離子能量係經選擇而使佈植離子的分布不會越過預定深度，例如源極/汲極延伸區 210、215 的極淺深度。

視情況而定，在進行採用第 1-10 圖設備的 DSA 製程前，可沉積吸光層至晶圓表面(第 14 圖的方塊 260)。此步驟的施行可根據低溫電漿製程和設備，其描述於美國專利申請號 11/131,904、西元 2005 年 5 月 17 日申請、名稱「包括低溫電漿沉積吸光層與高速光學退火的半導體接面形成方法 (A SEMICONDUCTOR JUNCTION FORMATION PROCESS INCLUDING LOW TEMPERATURE PLASMA DEPOSITION OF AN OPTICAL ABSORPTION LAYER AND HIGH SPEED OPTICAL ANNEALING)」Kartik Ramaswamy 等人提出、且受讓予本所有權人的申請案。吸光層例如可為無定形碳。

下一步驟(方塊 270)為使用多個具可塑形之光束波形的光束線進行掃描雷射 DSA 製程。此步驟的第一子步驟(方塊 271)為利用前面光束線 26-1 的陡峭前緣(第 12A 圖)，將最近遭遇之晶圓表面點(或點構成之線)的溫度從 400-450℃ 的周遭溫度快速提高至 1300℃。下一子步驟(方塊 272)為將晶圓溫度保持在 1300℃ 一段足夠時間(例如 3 毫秒)，以(a)再結晶無定形表面區域、(b)使佈植摻質取代再結晶晶

格、和(c)固化再結晶區域與其下方晶體間的邊界缺陷。最後一子步驟(方塊 273)為利用最後尾隨光束線 26-4 的陡峭後緣(第 12A 圖)，快速降低表面點的溫度。

第 15 圖繪示第 8 圖的變形實施例，其中稜鏡 44 以獨立的鏡子 121、122、123 代替，且鏡子 121、122、123 偏折來自間隔雷射條狀物 34 之光束的方式與第 8 圖實施例之稜鏡 44 偏折光束的方式相同。若偏光角度為 A ，則每一鏡子 121、122、123 相對於由各雷射條狀物 34 出來之光束方向的角度為 $A/2$ 。

第 16 圖為第 15 圖實施例的簡化圖，其中可為鏡子或稜鏡的單一光學元件 120 偏折來自一連串雷射條狀物 34-1、34-2、34-3 等的光束以產生尾隨光束線，而來自其他雷射條狀物 34-4、34-5、34-6 的光束未予偏折以形成領導光束線。當第 16 圖的光學元件 120 為鏡子、而非稜鏡時，若偏光角度為 A ，則如同第 15 圖的實施例，光學元件 120 相對於由各雷射條狀物 34 出來之光束方向的角度為 $A/2$ 。

第 17 及 18 圖繪示第 7 及 8 圖的變形實施例，其中稜鏡 44 省略不用，取而代之的是不同的(即交替的)半圓柱透鏡 40 經旋轉角度 A 。旋轉所選擇之圓柱透鏡 40 與第 7 及 8 圖稜鏡 44 的偏光行為相同。半圓柱透鏡 40 分別裝設在各雷射條狀物 34 上，並且對準產生預定的光束方向，然後結合到雷射條狀物，較佳為使用 UV 可固化環氧化物。如此，一半的透鏡 40-1、40-3、40-5 為對準形成偏離角度 A 的光束方向，其餘透鏡 40-2、40-4、40-6 則對準提供未經

偏離的光束方向。

第 19 圖繪示第 10 圖的變形實施例，其中偏光角度依次變大的稜鏡 44-1、44-2、44-3 省略不用，偏光功能改由將對應的半圓柱透鏡 40-1、40-2、40-3 旋轉相繼變大的角度 A_1 、 A_2 、 A_3 達成。透鏡 40-0 保持不旋轉，藉以提供 4 個連續的偏光角度 0、 A_1 、 A_2 、 A_3 。此與第 10 圖實施例中光學儀器(交錯器 42、偏振多工器 52)所提供的連續偏光角度相同。

第 20 圖繪示第 10 圖的變形實施例，其中偏光角度依次變大的稜鏡 44-1、44-2、44-3 分別由旋轉角度相繼變大的鏡子 120-1、120-2、120-3 代替，以偏折來自雷射條狀物 34-1、34-2、34-3 的光束。來自雷射條狀物 34-0 的光束未予偏折，藉以提供 4 個連續的偏光角度 0、 A_1 、 A_2 、 A_3 。此與第 10 圖實施例中光學儀器(交錯器 42、偏振多工器 52)所提供的連續偏光角度相同。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為本發明採用之熱熔雷射退火設備的立體示意圖。

第 2 及 3 圖為從不同透視角度觀察第 1 圖設備之光學

組件的立體視圖。

第 4 圖為第 1 圖設備中部分半導體雷射陣列的末端平面視圖。

第 5 圖為用於第 1 圖設備之均質光管的立體視圖。

第 6 圖為對應第 2 及 3 圖的示意圖。

第 7 圖為本發明一實施例之光束源的局部透視圖。

第 8 圖為對應第 7 圖的末端視圖，其更繪示用來改變二光束線之快軸功率密度波形的控制器。

第 9 圖為第 7 及 8 圖之設備所形成的快軸功率密度波形圖。

第 10 圖為本發明另一實施例的示意圖，其採用數個可程式快軸波形替代高斯光束。

第 11A 至 11E 圖為各種快軸功率密度波形圖，其可由第 10 圖之 DSA 設備的可程式控制器選擇。

第 12A 圖為第 10 圖之 DSA 設備產生之隨時間改變的較佳功率密度波形圖。

第 12B 圖為與第 12A 圖同時產生的圖形，繪示晶圓表面上固定點溫度因第 12A 圖之功率密度波形而隨時間改變的情形。

第 13 圖為利用本發明 DSA 設備形成之半導體裝置的截面側視圖。

第 14 圖繪示使用第 10 圖設備的 DSA 製程。

第 15 圖為第 8 圖之第一變形實施例的示意圖，其使用偏光鏡。

第 16 圖為第 8 圖之第二變形實施例的示意圖，其使用單一偏光鏡。

第 17 及 18 圖繪示第 8 圖的第三變形實施例，其中選用的快軸準直圓柱透鏡係經旋轉預定的偏光角度。

第 19 圖為第 10 圖之第一變形實施例的示意圖，其藉由使對應的快軸圓柱透鏡旋轉相繼變大的角度，以代替偏光角度依次變大的稜鏡。

第 20 圖為第 10 圖之第二變形實施例的示意圖，其藉由分別使偏光鏡旋轉相繼變大的角度，以代替偏光角度依次變大的稜鏡。

【主要元件符號說明】

10 起重架結構	12、14 欄杆
16、18 橫杆	20 光源
22 晶圓	24、25 光束
26、26-1、26-2、26-3、26-4、27 光束線	
30 光學系統	32 條堆
34、34-0、34-1、34-2、34-3、34-4、34-5、34-6 條狀物	
36 發射器	
40、40-0~40-6、62、64、66 透鏡	
42 交錯器	44、44-1、44-2、44-3 稜鏡
48 波片	52 偏振多工器
54、56 界面層	58 來源光束
70 光管	72 玻璃板

74	光軸	76	輸入面
78	輸出面	80、82	光學儀器
100、110	控制器	102、104	電流供應器
120	光學元件		
120-1、120-2、120-3、121、122、123	鏡子		
200、205	接觸區	210、215	延伸區
220	通道區	225	閘極
230	閘介電層	235	頂面
240	虛線		
250、255、260、270、271、272、273	方塊/步驟		
A、A ₁ 、A ₂ 、A ₃	角度	I ₀ 、I ₁ 、I ₂ 、I ₃	電流

五、中文發明摘要：

一種用於退火處理半導體工作部件的動態表面退火設備包括：用於支撐工作部件的工作部件支撐件、光源、和沿著快軸相對掃描光源與工作部件支撐件的掃描設備。光源包括雷射發射器陣列，其大致排成發射器的接續行列，且行列橫切於快軸。多個準直透鏡各自位在發射器行列上方，且具有沿著快軸的準直方向。光源更包括與所選發射器行列相關的快軸偏光元件，並具有一或一連串對應於針對各發射器行列沿著快軸之光束偏離的偏光角度。光學儀器使雷射發射器陣列的光線聚焦至工作部件的表面，以形成橫切快軸的連續光束線，該些光束線條依偏光角度而沿著快軸相隔開。

六、英文發明摘要：

A dynamic surface anneal apparatus for annealing a semiconductor workpiece has a workpiece support for supporting a workpiece, an optical source and scanning apparatus for scanning the optical source and the workpiece support relative to one another along a fast axis. The optical source includes an array of laser emitters arranged generally in successive rows of the emitters, the rows being transverse to the fast axis. Plural collimating lenslets overlies respective ones of the rows of emitters and have a collimation direction along the fast axis. The optical source further includes a fast axis optical deflection element associated with selected ones of the rows of emitters and having one or a succession of optical deflection angles corresponding to beam deflections along the fast axis for respective rows of emitters. Optics focus light from the array of laser emitters onto a surface of the workpiece to form a succession of line beams transverse to the fast axis spaced along the fast axis in accordance with the succession of deflection angles.

十、申請專利範圍：

1. 一種動態表面退火設備，用於退火處理一半導體工作部件，該設備至少包含：

一工作部件支撐件，用於支撐一工作部件；

一光源；以及

一掃描設備，用以沿著一快軸相對掃描該光源和該工作部件支撐件；

其中該光源包含：

多個雷射發射器組成的一陣列，大致排成該些發射器的接續行列，且該些行列橫切該快軸；

複數個準直透鏡，各自位在該些發射器之該些行列上方，且具有沿著該快軸的一準直方向；

一與該些發射器之所選該些行列相關的快軸偏光元件，具有一偏光角度，該偏光角度對應於針對該些發射器之所選該些行列的沿著該快軸之一光束偏離角度；以及

一光學設備，使該雷射發射器陣列的一光線沿著橫切該快軸的一方向而於該工作部件的一表面上聚焦成一細窄光束線。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該光學設備將來自該些發射器之所選該些行列的光線在該工作部件的該表面上產生一第一光束線，以及將來自該些發射器之其餘該些行列的光線於該工作部件的該表面上產生一第二光束

線，該第一與該第二光束線互相平行、橫切該快軸、且沿著該快軸彼此偏離一距離，該距離對應該偏光角度。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之設備，其中該第一與該第二光束線之其中一者為一領導光束，且另一者為一尾隨光束。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，更包含：

一快軸光束波形控制器；

一第一電流源，耦接而供應未被該快軸偏光元件覆蓋的該些發射器之行列；以及

一第二電流源，耦接而供應被該快軸偏光元件覆蓋的該些發射器之行列。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之設備，其中該快軸光束波形控制器經程式化以各自獨立根據一預定的快軸功率密度波形來調整該第一與該第二電流源的輸出大小。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之設備，其中該第一與該第二電流源分別設定該工作部件的該表面上一領導光束線和一尾隨光束線的一功率密度。

7. 如申請專利範圍第 2 項所述之設備，其中各個該光束線

沿著該快軸的一寬度係對應一最小解析影像尺寸。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之設備，其中該偏光角度是使該第一與該第二光束線沿著該快軸偏離的該距離對應一最小解析影像尺寸。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之設備，其中該偏離距離為該些光束線之一沿著該快軸的一高斯半高寬 (half-maximum Gaussian width)。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該快軸偏光元件包含一偏光鏡，其位在一組接續之該些發射器的該些行列之一光學路徑上。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該快軸偏光元件包含：

複數個偏光元件，設在該些發射器之所選該些行列的上方，各個該些偏光元件具有使一光束偏離該快軸的一偏光角度。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之設備，其中該些偏光元件各自為一稜鏡，其設在該發射器之一對應行列的該些準直透鏡上方。

13. 如申請專利範圍第 11 項所述之設備，其中該些偏光元件各自為一鏡子，其設在該發射器之一對應行列的一光學路徑上。

14. 如申請專利範圍第 11 項所述之設備，其中該些偏光元件各自為對應該些準直透鏡的其中之一者，且該準直透鏡係旋轉通過一對應偏光角度。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該快軸偏光元件包含：

複數個偏光元件，設在該些發射器之所選該些行列的上方，各個該些偏光元件具有對應於沿著該快軸之一連續光束偏離的一連串之偏光角度的其中之一者。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之設備，其中該些偏光元件為複數個稜鏡，該些稜鏡設在該些發射器之對應行列的該些準直透鏡上方，且連續的該些稜鏡具有一連串的偏光角度。

17. 如申請專利範圍第 15 項所述之設備，其中該些偏光元件為複數個鏡子，該些鏡子設在該些發射器之對應行列的一光學路徑上，且連續的該些鏡子依次轉向以提供一連串

的偏光角度。

18. 如申請專利範圍第 15 項所述之設備，其中該些偏光元件各自為對應該些準直透鏡其中之一者，且該準直透鏡係旋轉通過對應於一連串之偏光角度的其中之一者。

19. 如申請專利範圍第 15 項所述之設備，其中該光學設備將來自不同或不同組之該些發射器的該些行列之光線於該工作部件的該表面上產生一連續光束線，該連續光束線係對應於該些偏光元件的該些一連串之偏光角度，相鄰的該些光束線互相平行、橫切該快軸、且沿著該快軸彼此偏離一距離，該距離對應於該些一連串之偏光角度的一差值。

20. 如申請專利範圍第 15 項所述之設備，更包含一快軸光束波形控制器、以及複數個可獨立調整的電流源，該些電流源耦接而供應與對應於該些偏光元件之一者相關的該些發射器之行列。

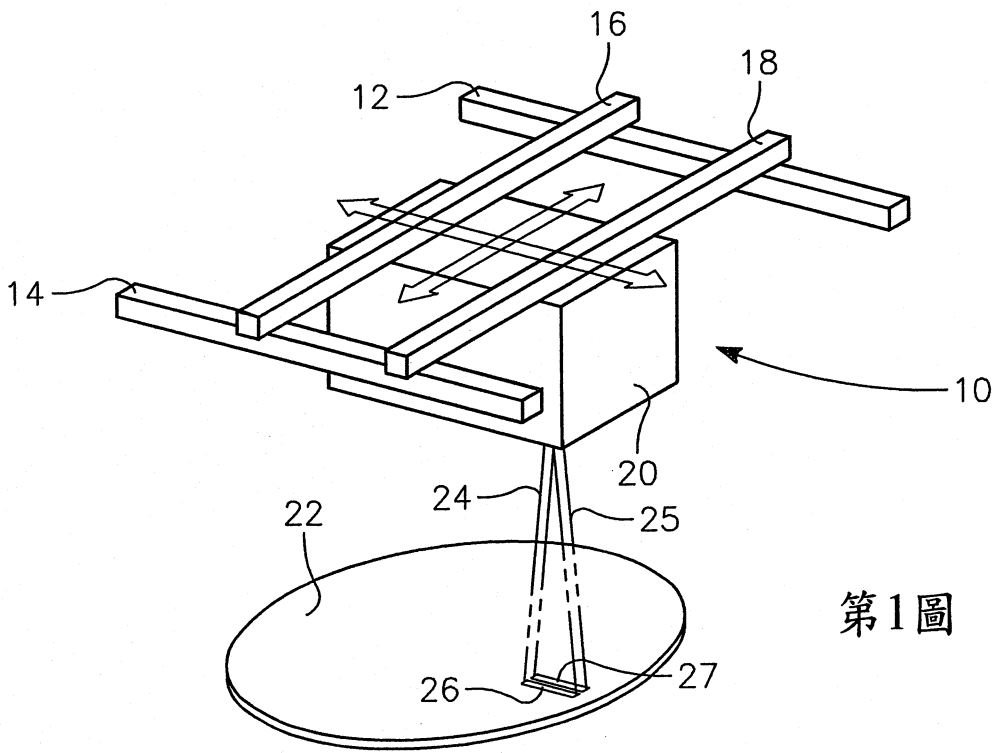
21. 如申請專利範圍第 20 項所述之設備，其中該快軸光束波形控制器係經程式化以各自獨立根據一預定的快軸功率密度波形來調整該些電流源的輸出大小。

22. 如申請專利範圍第 19 項所述之設備，其中該些一連串

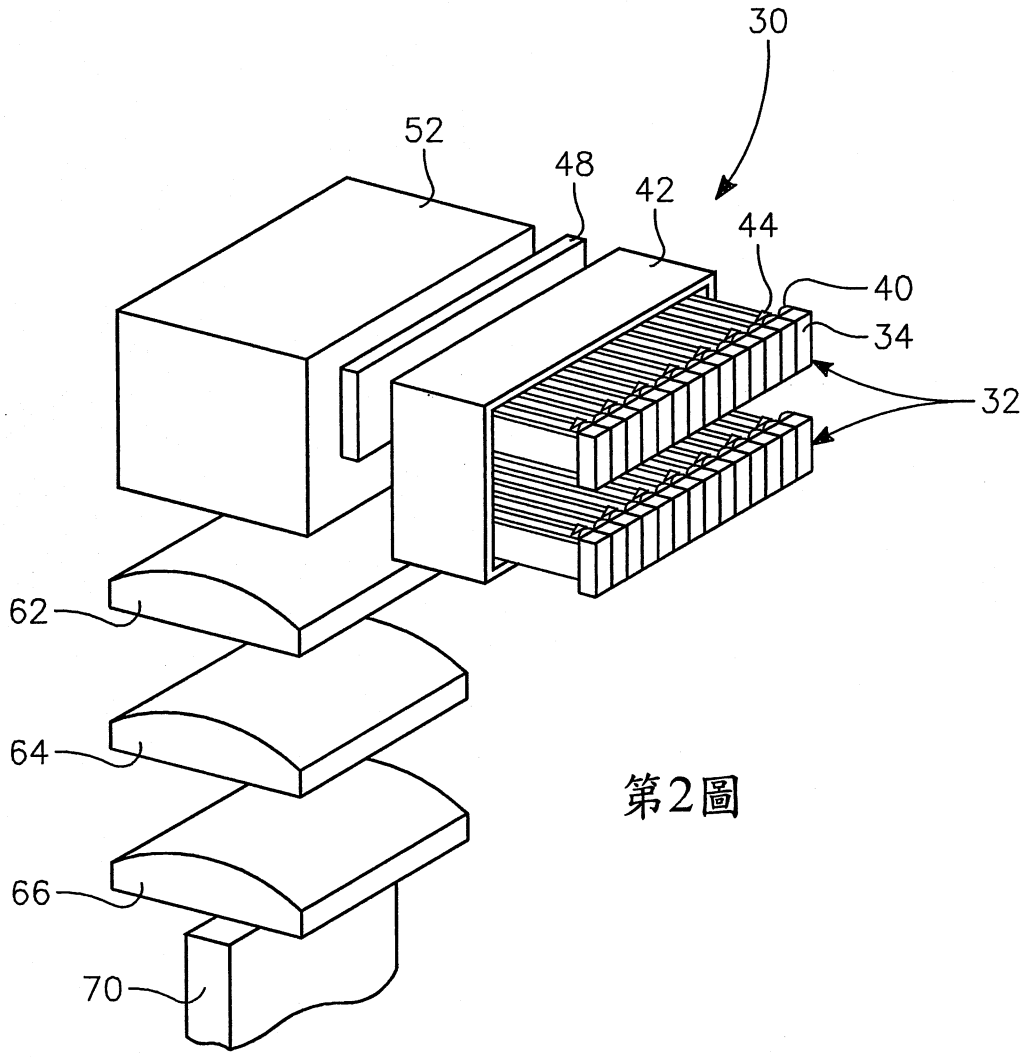
的偏光角度提供了沿著該快軸之一光束至光束的位移，該位移係對應於一最小解析點尺寸。

23. 如申請專利範圍第 19 項所述之設備，其中該些一連串的偏光角度提供了沿著該快軸之一光束至光束的位移，該位移係對應於該些光束線之一沿著該快軸的一高斯半高寬。

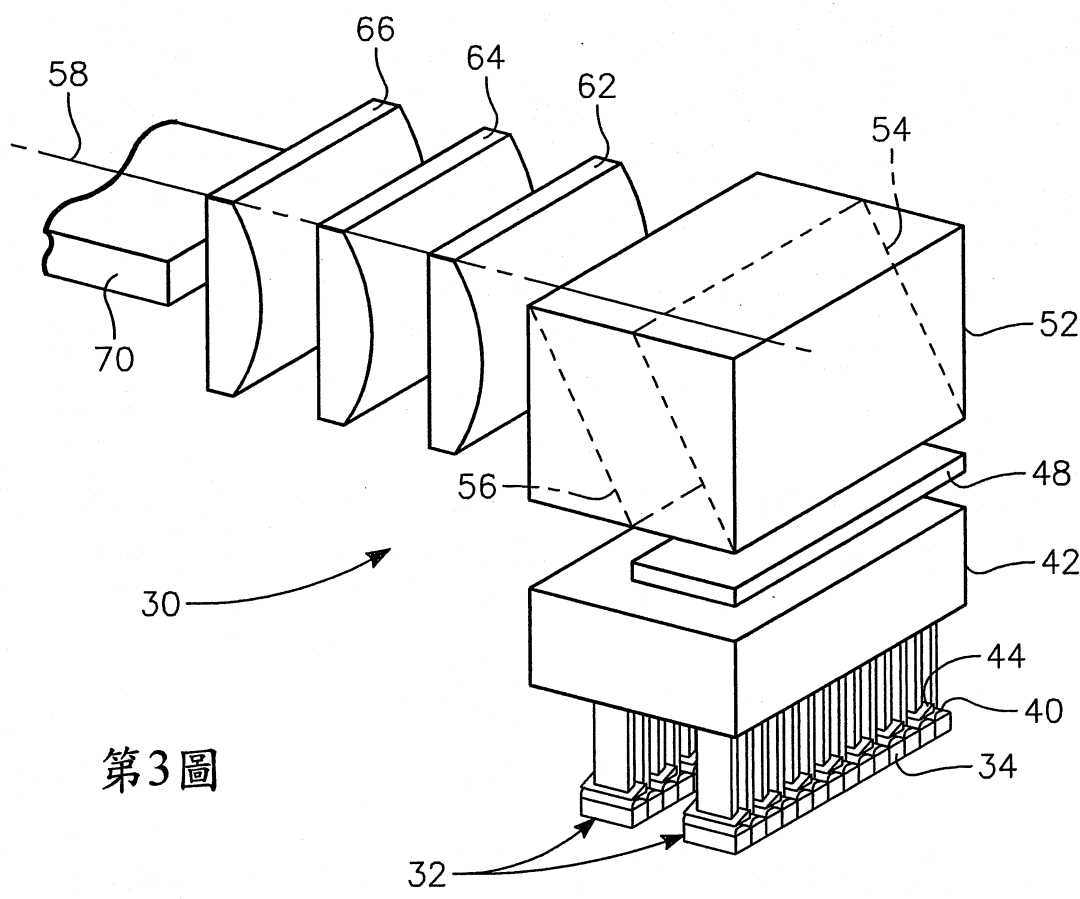
24. 如申請專利範圍第 1 項所述之設備，其中該快軸偏光元件包含一偏光稜鏡，其位在一組之該些發射器的該些接續行列的一光學路徑上。



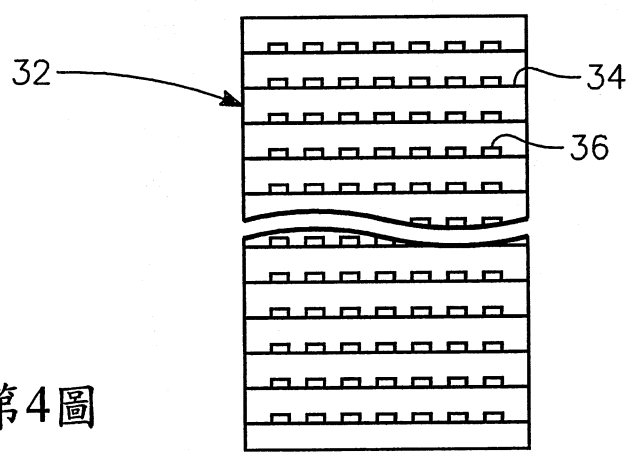
第1圖



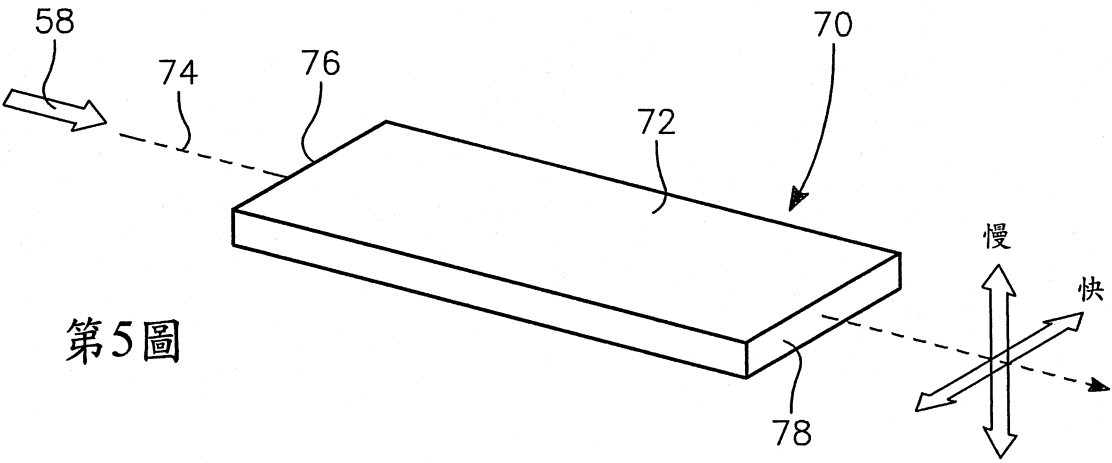
第2圖



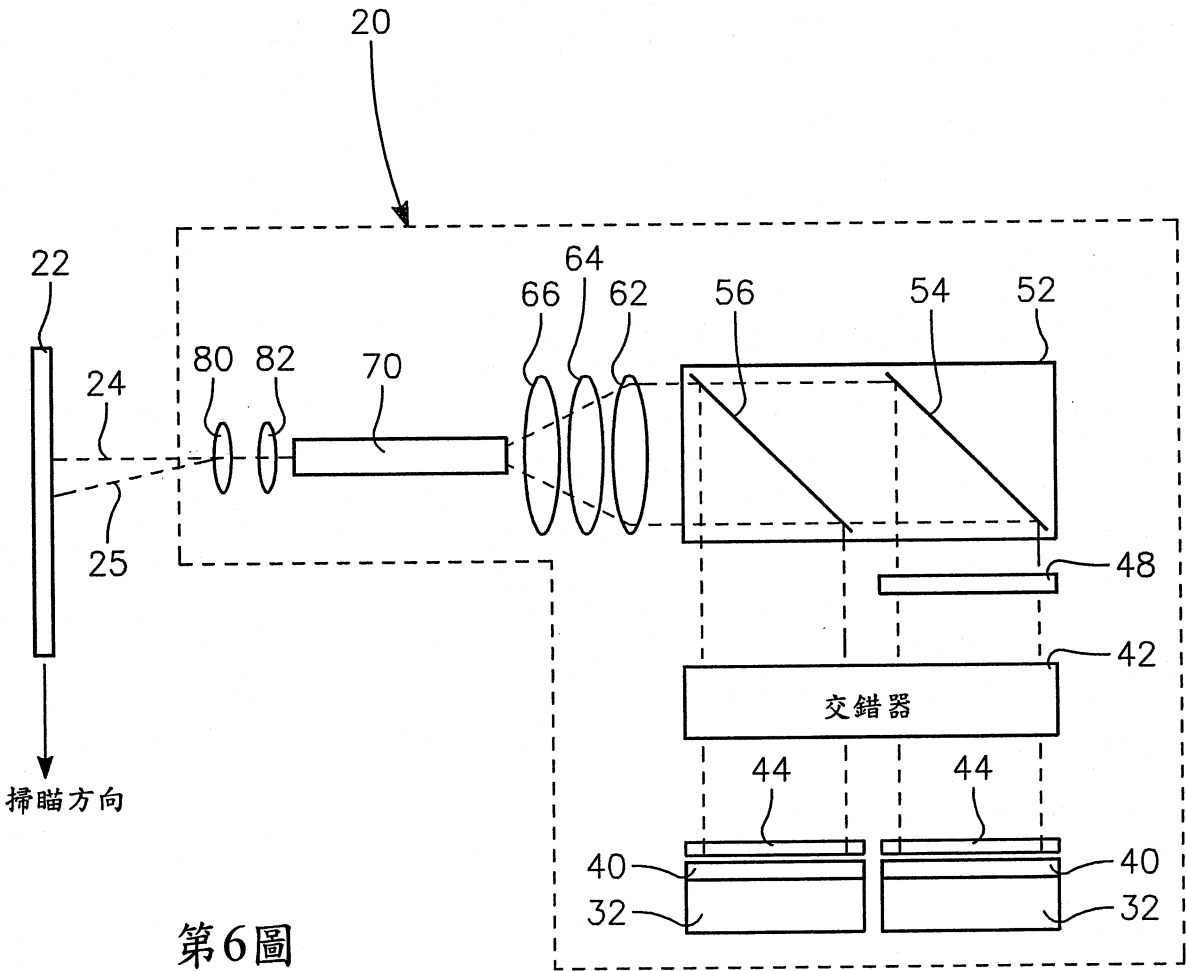
第3圖



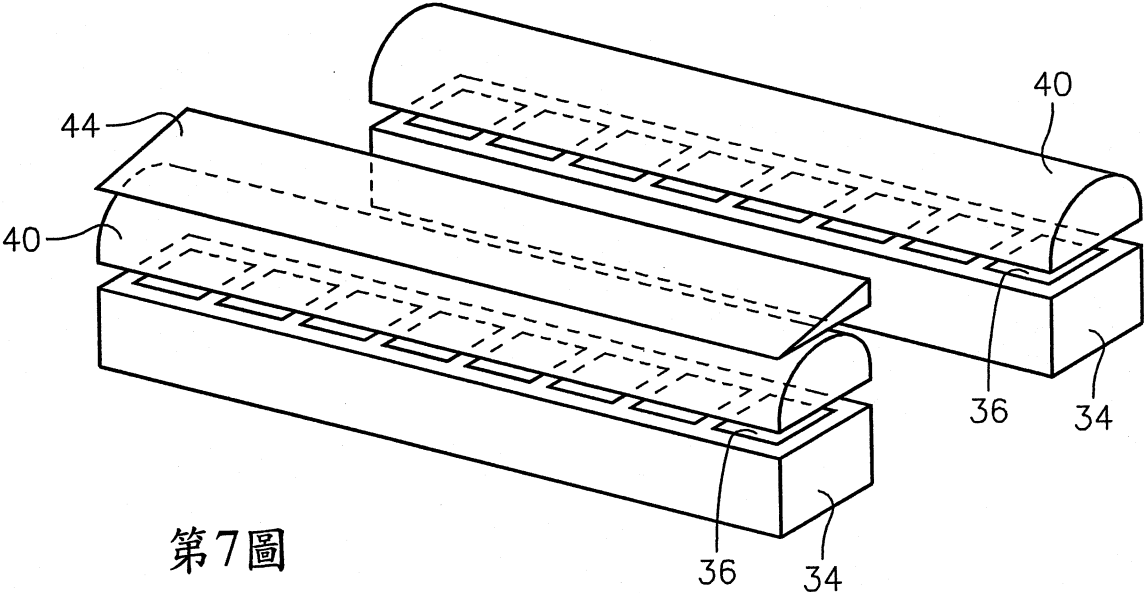
第4圖



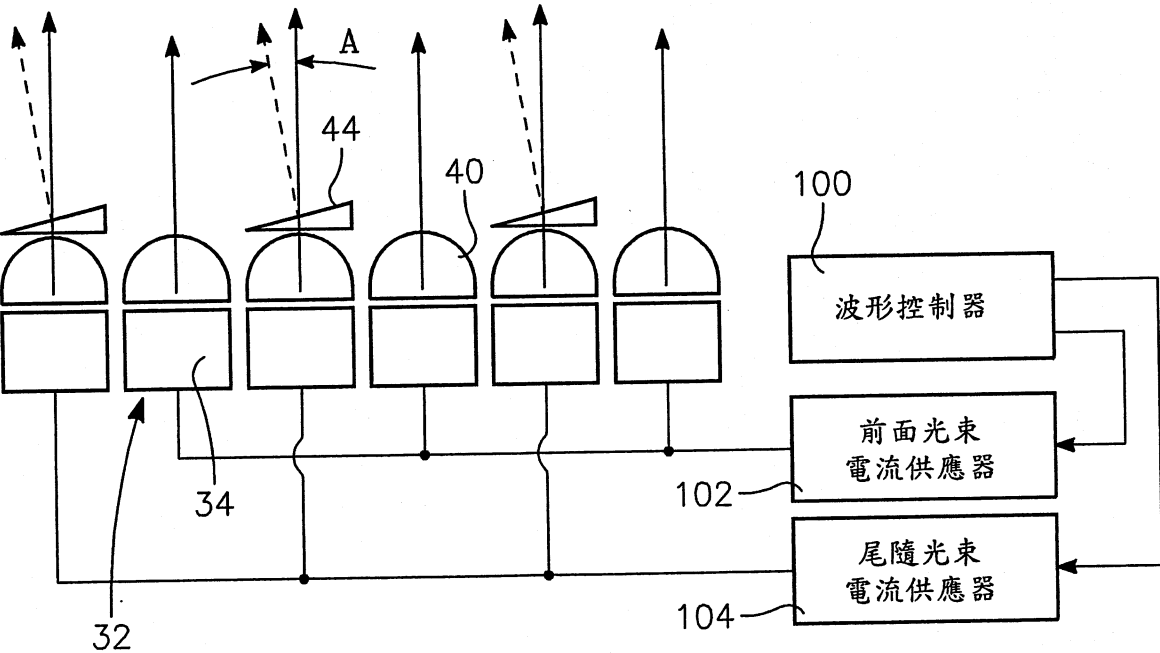
第5圖



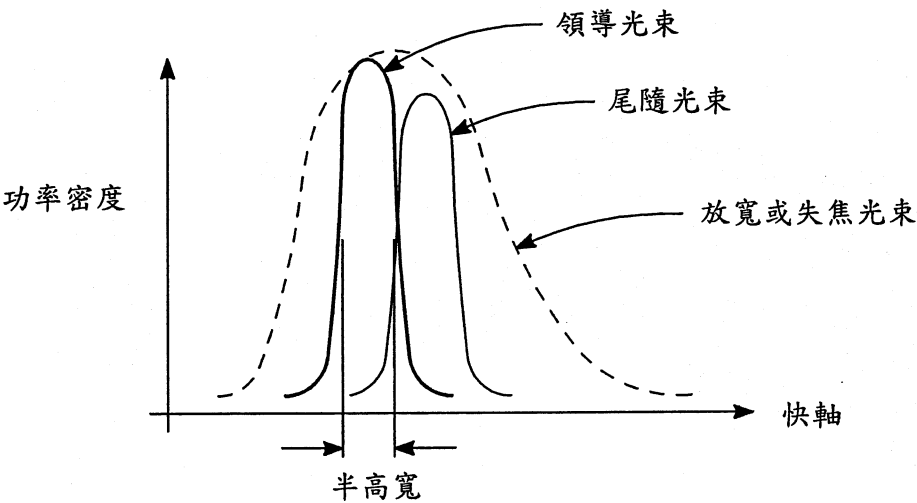
第6圖



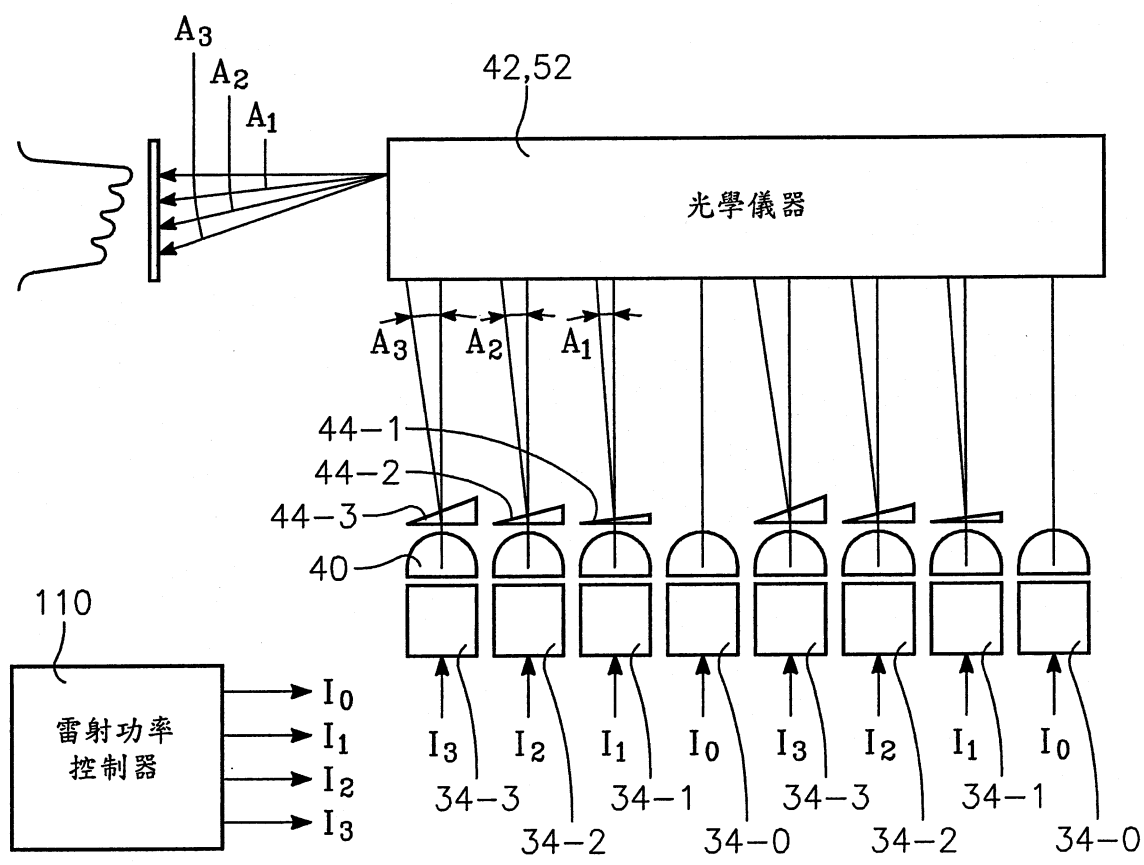
第7圖



第8圖

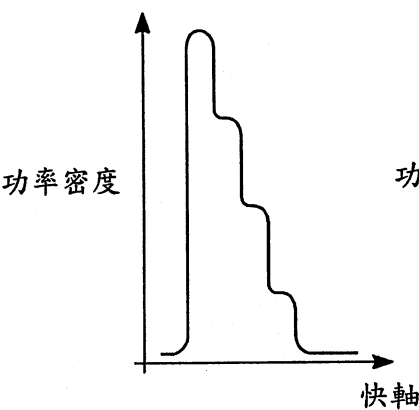
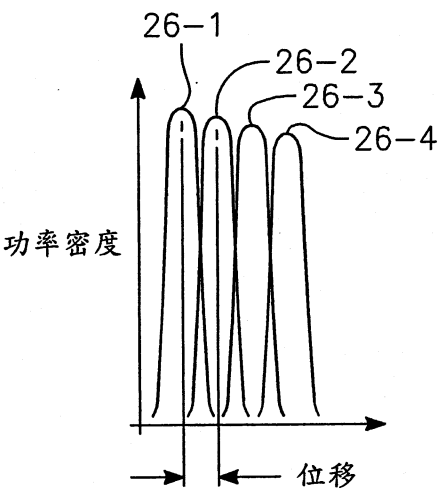


第9圖

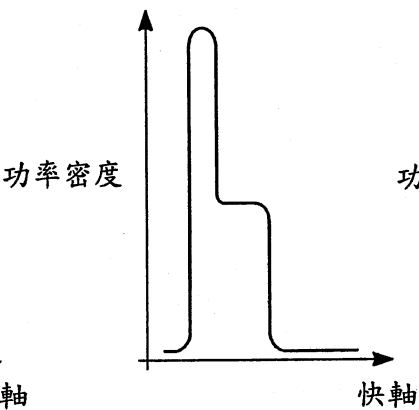


第10圖

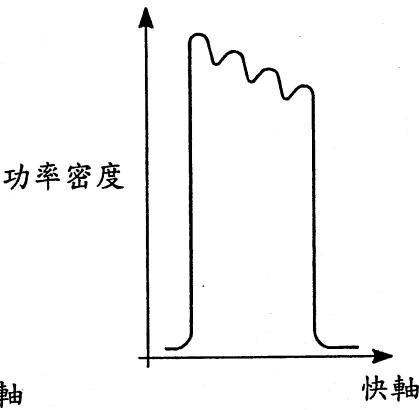
第11A圖



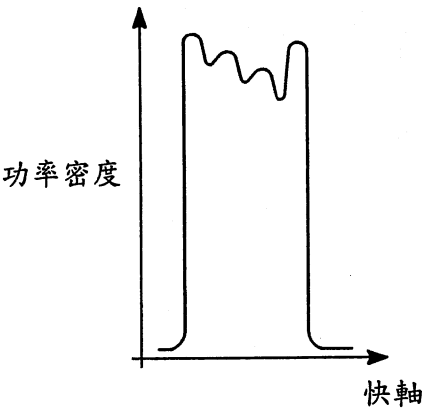
第11B圖



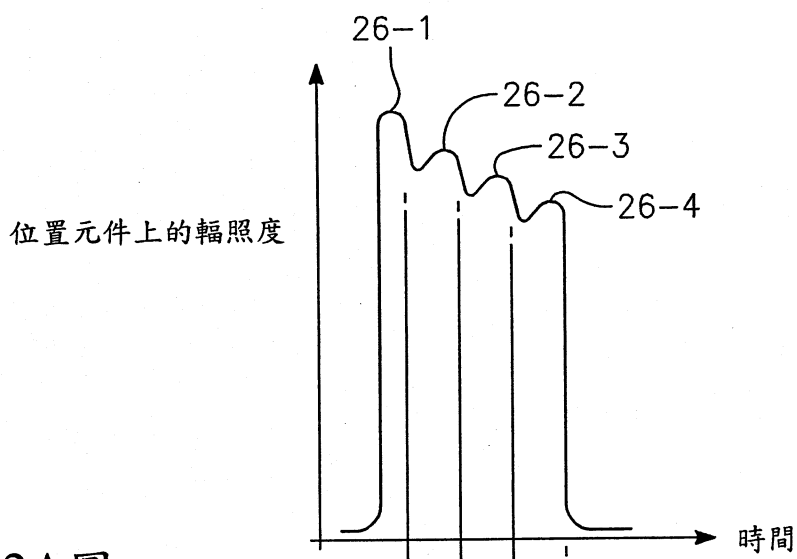
第11C圖



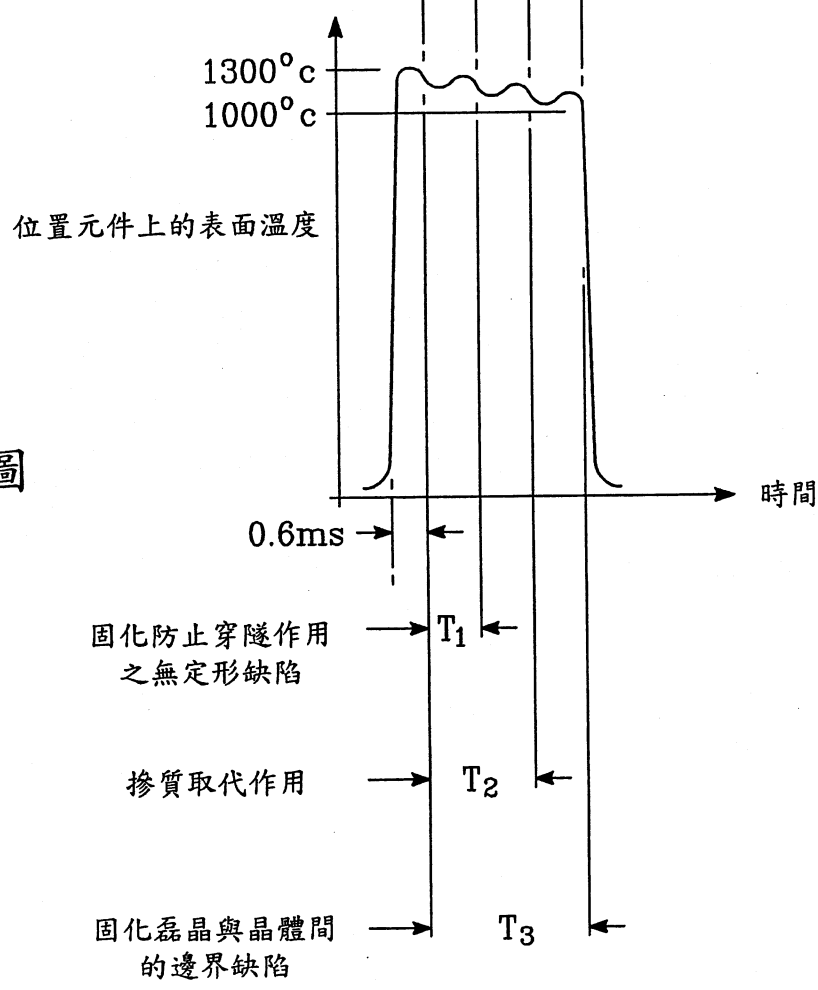
第11D圖



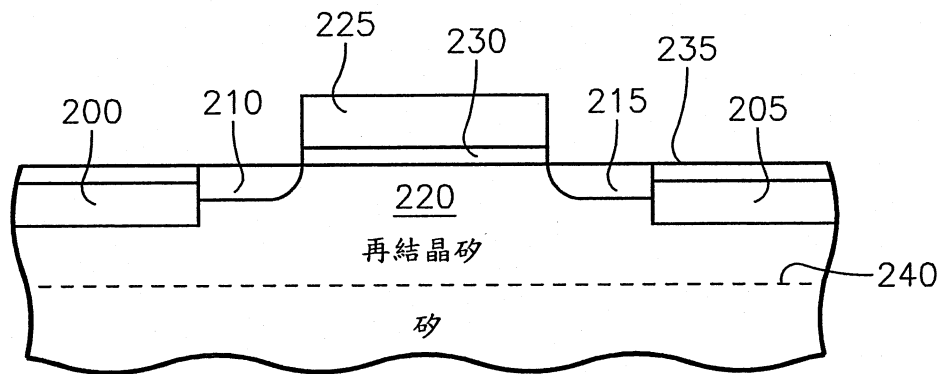
第11E圖



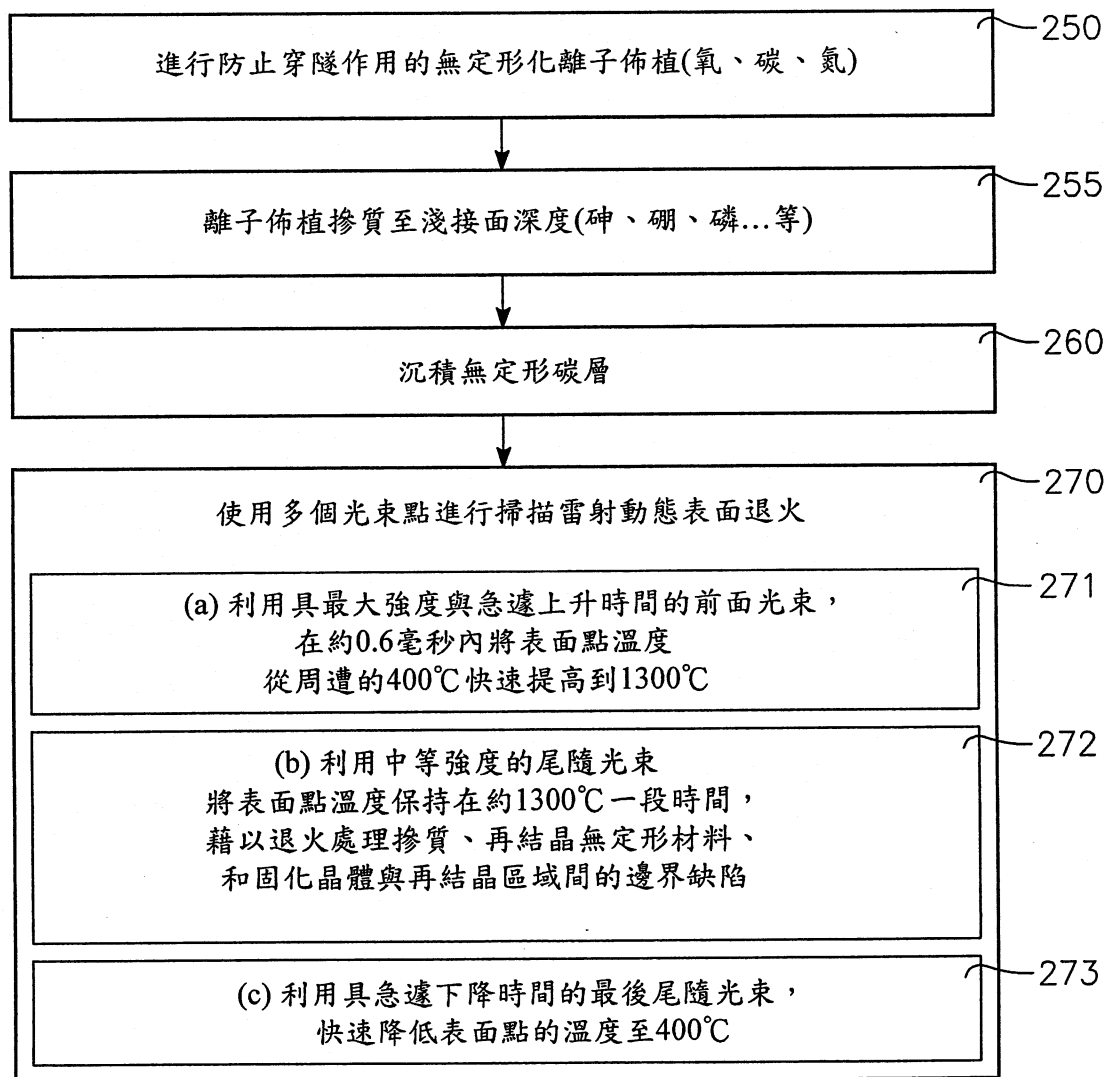
第12A圖



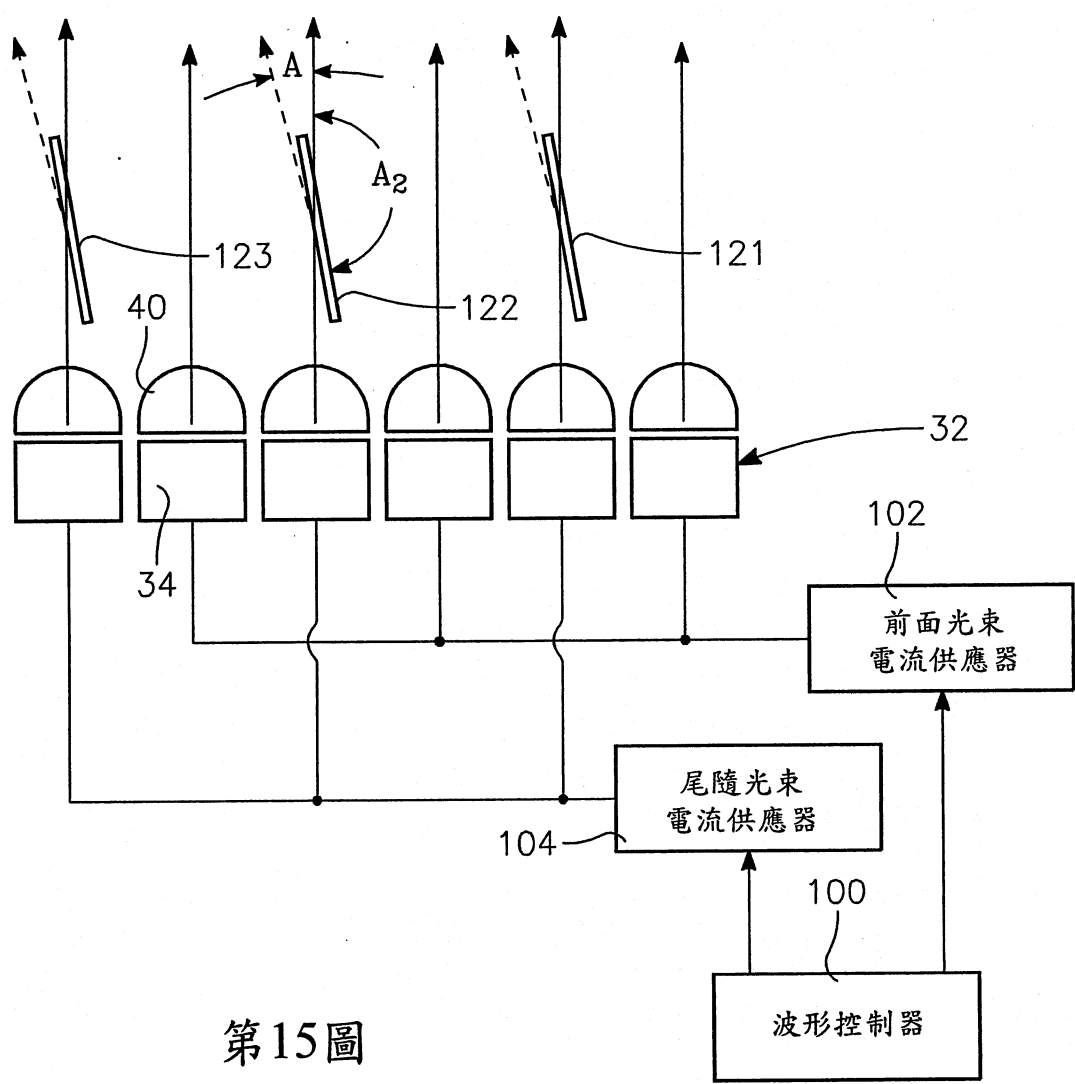
第12B圖

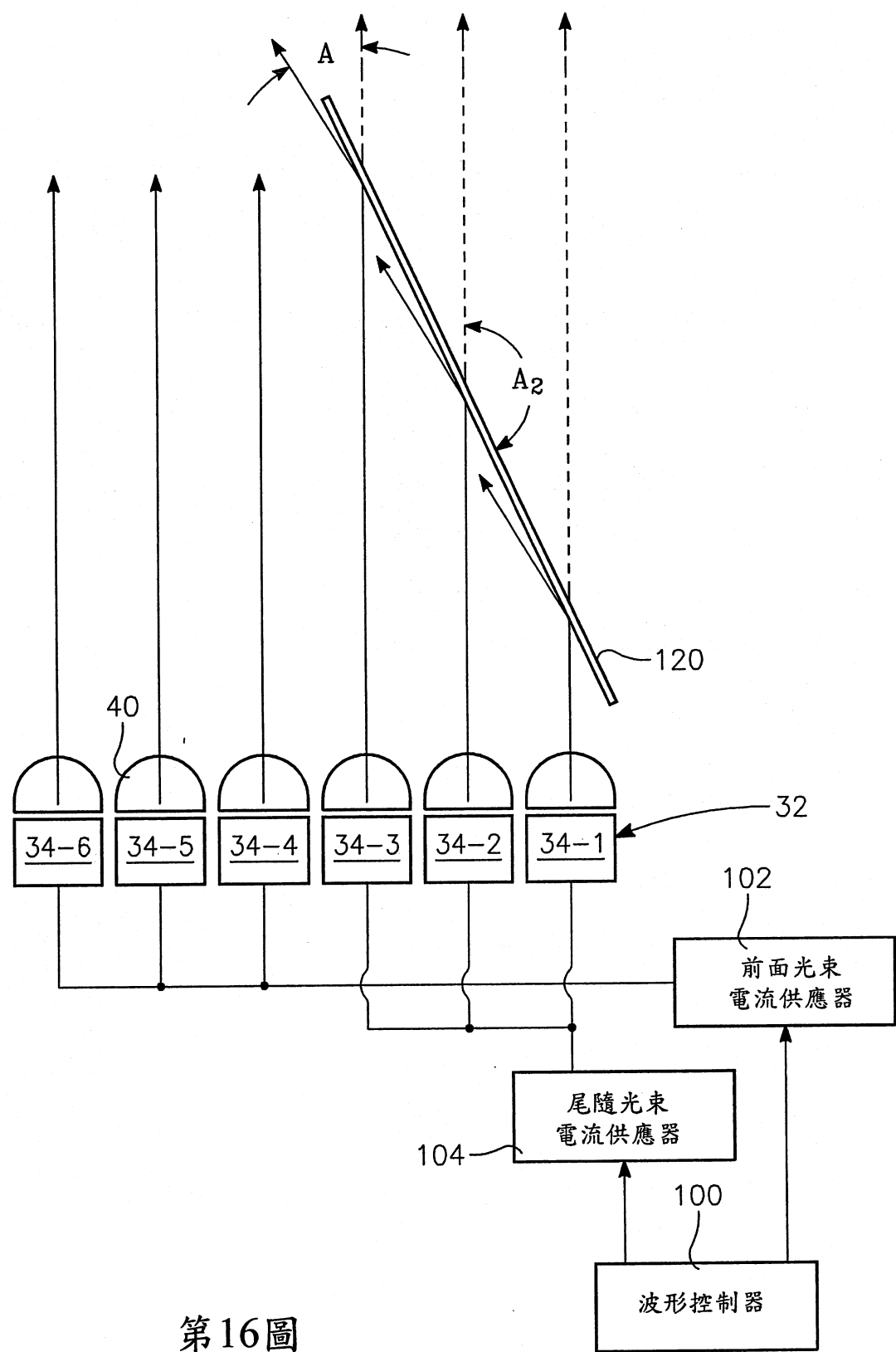


第13圖

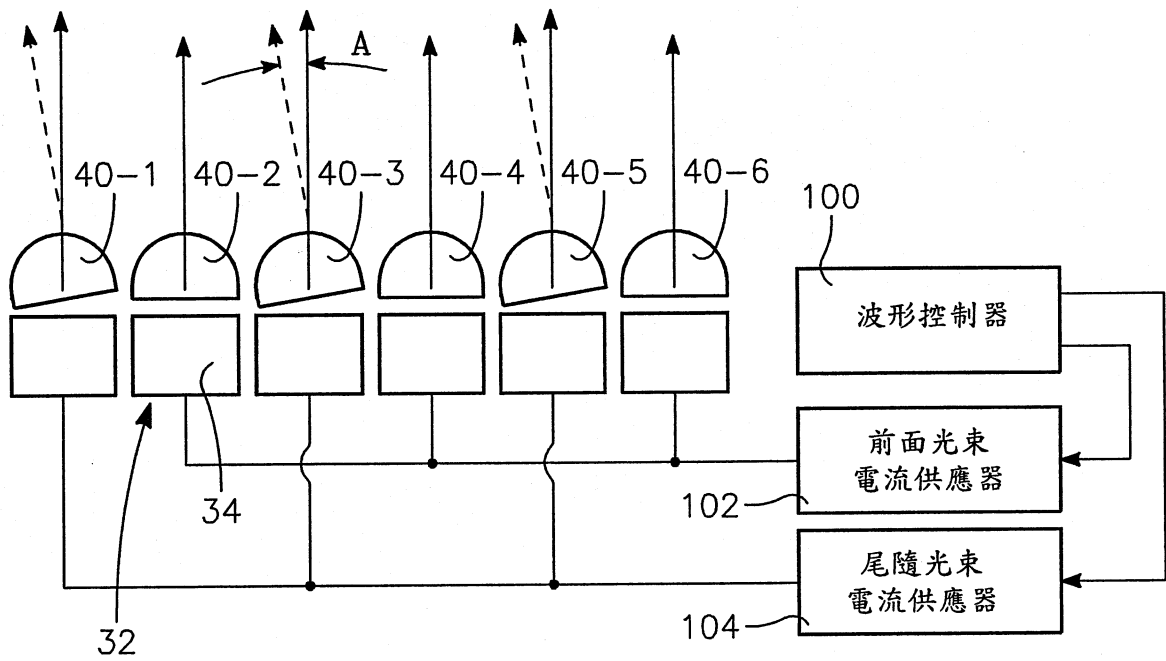


第14圖

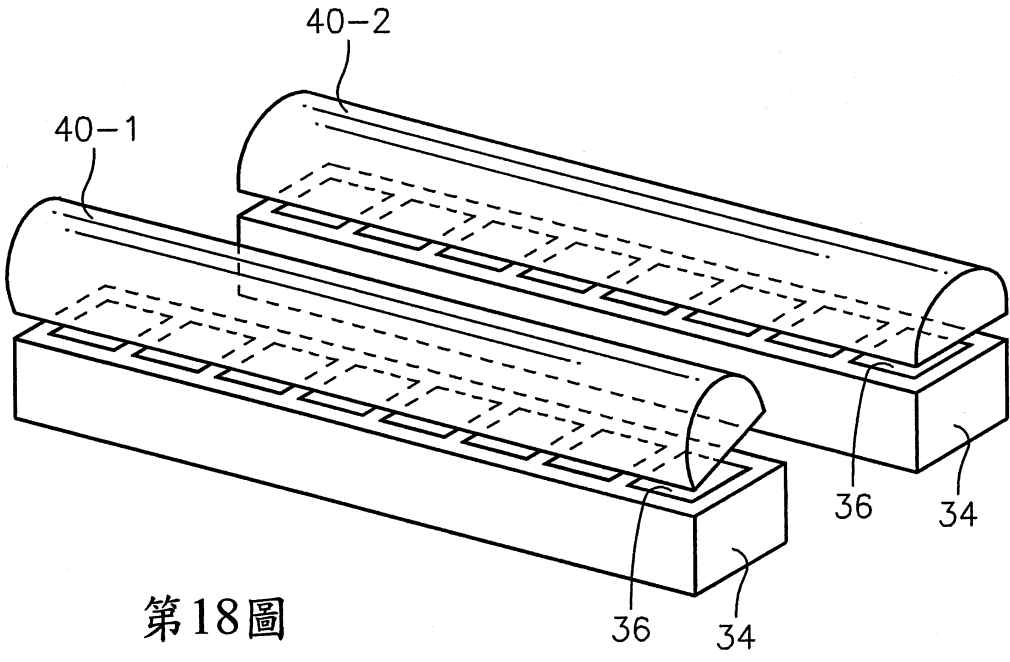




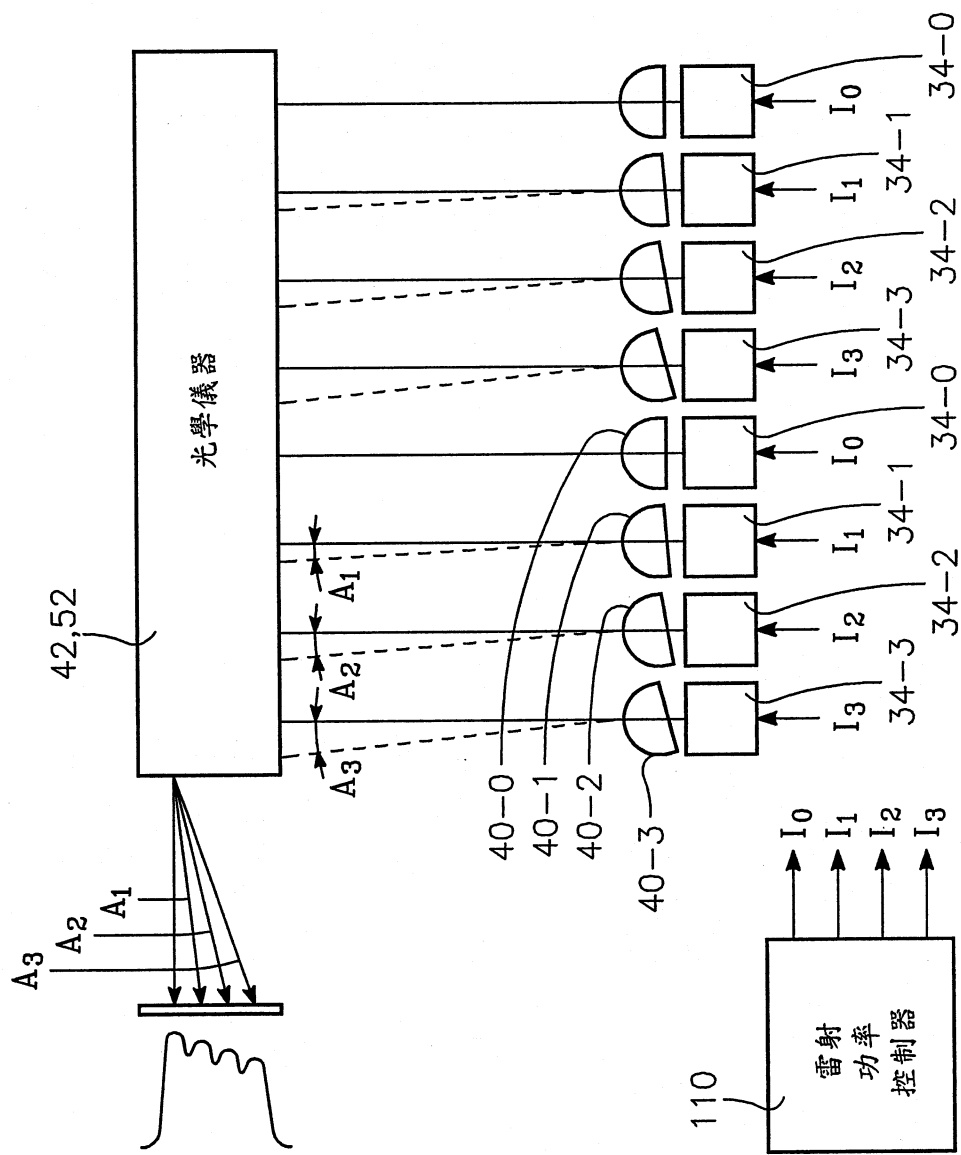
第16圖



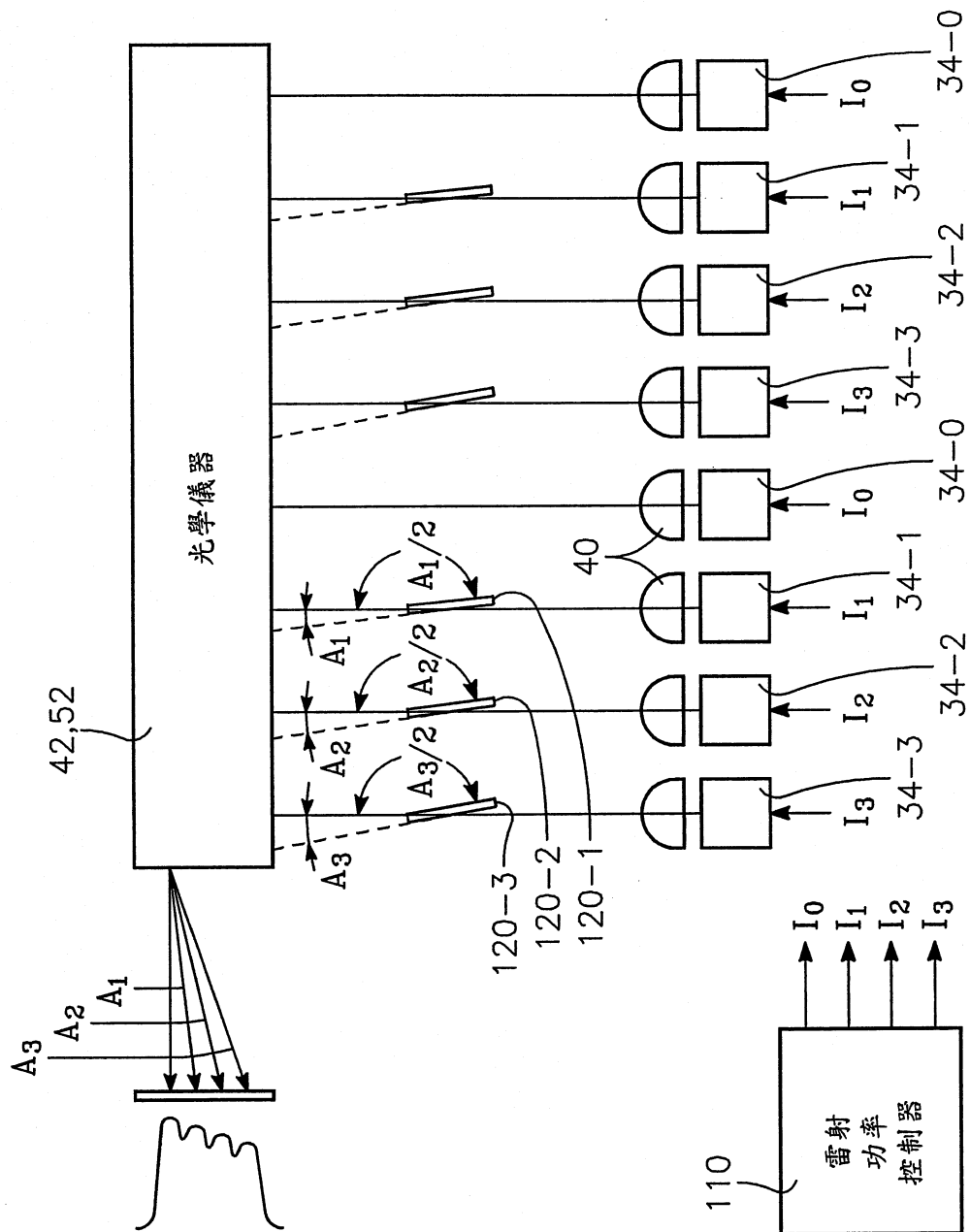
第17圖



第18圖



第19圖



第20圖

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(10)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

34-0、34-1、34-2、34-3 條狀物

40 透鏡

42 交錯器

44-1、44-2、44-3 稜鏡

52 偏振多工器

110 控制器

A_1 、 A_2 、 A_3 角度

I_0 、 I_1 、 I_2 、 I_3 電流

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無